

정지형 보호계전기 운영실무 (Ⅱ)



글/도 유 봉(에너지관리공단 전기과장, 회원 No 4625)

목 차

1. 서론
2. 보호계전 시스템의 개요
3. 정지형 보호계전기의 종류 및 구성
4. 정지형 보호계전기의 정정 및 운영

3. 정지형 보호계전기의 종류 및 구성

보호계전기를 동작원리에 의하여 분류할 때 가동철심형, 유도형 등은 가동부(Moving part)가 있으나 트랜지스터형이나 디지털형 등은 가동부가 없으므로 정지형이라고 불린다.

3-1 트랜지스터(Transistor)형

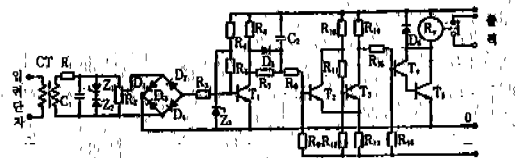
트랜지스터형 계전기는 트랜지스터·다이오드 등 전자부품으로 구성된 계전기로 기능에 있어서는 유도형 등과 동일한 계전기가 제작되고 있다.

가. 트랜지스터형 계전기의 실제

트랜지스터형 계전기의 개념을 쉽게 얻기 위하여 간단한 과전류계전기의 예를들면 <그림 20>과 같다.

공극(Gap)CT의 1차코일에 전력회로 CT의 2차전류를 흘린다. 공극 CT는 철심에 Gap이 있어 여자임피던스가 작은 CT로 그 2차측에는 여자임피던

스 단자전압에 상당하는 전압이 유기된다. 여자임피던스가 작으므로 공극CT 2차측이 개방되어도 전력회로의 2차측에는 커다란 영향을 주지않는다.

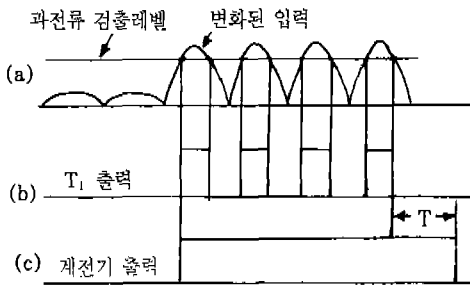


<그림 20> 트랜지스터형 과전류 계전기

R_1, C_1, Z_1, Z_2 는 입력서지나 과전압을 흡수하기 위한 회로이다. R_2 는 가감저항기로 이것에 의하여 동작치의 정정을 행한다. 다음의 정류회로에서 교류를 직류로 변환시킨다. 이상은 입력전류를 계전기에 적당한 것으로 하기위한 입력변환회로이다.

레벨(Level)검출회로는 변환된 입력의 크기가 정해진 레벨 이상인 경우 그것을 검출하는 회로이다. 상시는 Z_3 (제너다이오드)에 의해 일정기준의 베이스전류가 R_3 를 통해서 T_1 의 베이스에 흘러, T_1 은 On의 상태로 되어있다. 입력에 따라 T_1 의 베이스에 흐르는 전류는 기준 베이스전류와 반대방향으로 흐르기 때문에 입력에 의한 전류가 기준전류보다 크게 되면 T_1 은 Off가 되고 <그림 21>과 같이 T_1 의 출력이

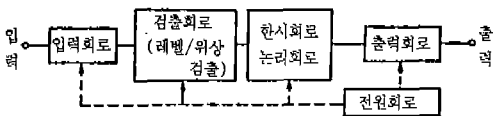
생기게 된다. T_1 의 출력은 펄스상태이므로 펄스연속화 회로에서 연속된 출력을 만들게 된다. 펄스연속화 회로는 $T_2, T_3, R_7 \sim R_{14}$ 등으로 구성되어 있으며 출력을 T시간만큼 지연시키는 한시(Time delay) 회로이다. 펄스연속화 회로의 출력은 미약하므로 T_4, T_5 출력증폭회로에서 차단기의 트립회로에 신호를 보낼 수 있는 적당한 크기로 증폭시킨다.



<그림21>계전기 동작 설명도

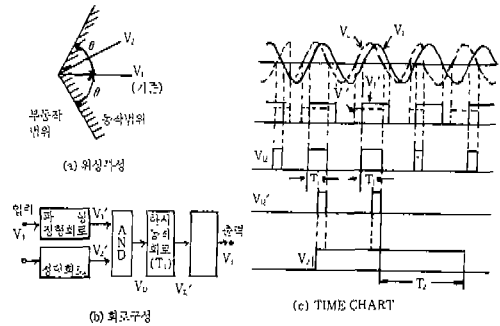
나. 트랜지스터형 계전기의 구성

트랜지스터형 계전기의 일반적 구성을 표시하면 <그림 22>와 같다. 검출회로에는 레벨검출회로 외에 위상검출회로가 있다. 입력의 교류량을 벡터량으로 보고 입력의 크기와 위상을 검출하면 교류의 전체상태를 검출할 수 있기 때문이다. 전항의 과전류계전기의 한시회로 위치에는 AND회로, OR회로 등의 논리(Logic)회로가 들어갈 수 있다.



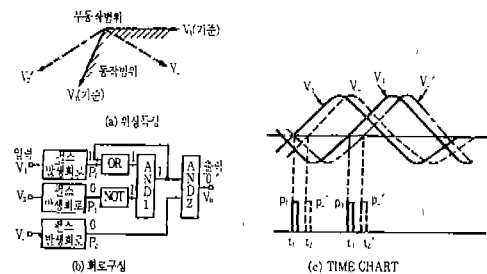
<그림22>트랜지스터형 계전기의 일반적 구성

입력회로에는 공극CT와 같은 입력변환회로, 필터나 리미터와 같은 과대입력대책회로, 정류회로외에 입력이 너무 작을 경우에 대비한 증폭회로, 입력을 단시간 기억하기 위한 기억회로, 입력의 위상을 변화시키는 이상회로 등을 사용한 것도 있다.



<그림23>

검출회로는 보통 전류레벨을 검출하고 있지만 전압레벨 검출회로도 있다. 또 입력과형에 찌그러짐이 있을때 동작을 안정하게 하는 정극원형 레벨검출회로도 있다. 위상검출회로에는 시간축정형, 순서회로형, 평균전류형, 연단속형, 샘플링형, 동기적분형 등 다양한 종류가 있다. <그림 23>은 시간축정형 위상검출회로의 예이다. (a)는 위상특성을 나타낸 것으로 V_1 을 기준으로해서 V_2 가 각도 θ 이내에 있을때 동작하게 된다. (b)는 이러한 특성을 갖는 위상검출회로의 구성예이다. (c)의 타임차트를 설명하여 보면, 입력전압 V_1, V_2 를 파형정형회로에서 구형파로 만들어 V_1', V_2' 와같은 파형으로 된다. V_1', V_2' 가 정극성으로 겹쳐질때 AND회로에서 출력되어 V_{12} 가 된다. 한시동작회로에서는 입력 V_{12} 가 T_1 이상 유지가 되면 출력이 나오게 되는데 이것이 V'_{12} 이다. T_1 을 $180^\circ - \theta$ 에 해당하는 시간으로 하면, (a)와같은 위



<그림24>순서회로형 위상검출회로

상특성을 얻을 수가 있다. 한시복귀회로는 <그림 20>에서 설명한 펄스연속회회로와 동일하다. 이것에 의하여 검출회로로서의 출력 V_0 를 얻는다.

<그림 24>는 순서회로형 위상검출회로의 예를 표시한다. (a)와같이 2개의 전압 V_1, V_3 를 기준으로하여 V_2 가 동작범위에 있는지 V_2' 와같이 동작범위 외에 있는지를 검출하게 된다. (b)의 펄스발생회로, OR, NOT, AND 각 회로출력 단자의 1, 0은 (c)의 t_1 시점에 대해서 각회로의 출력이 유(1), 무(0)를 나타내고 있다. 이 상태에서 펄스 p_1 이 0이되어도 AND1의 출력이 OR회로의 입력으로 들어가게 되므로 AND1의 출력1은 그대로 유지시킨다. 그리고 이런상태는 펄스 p_3 가 나오는 t_3 의 시점까지 계속된다. 따라서 $t_1 \sim t_3$ 사이에 p_2 가 나오면 출력 V_0 가 생기고 (c)의 p_2' 와같이 t_3 이후에 V_2 의 펄스가 있을때는 출력 V_0 는 생기지 않는다. 이렇게 하여 (a)의 위상특성을 얻을 수 있다.

다. 트랜지스터형 계전기의 특징

전자기형과 비교해서 장단점을 들면 다음과 같다.

(장 점)

- ① 고감도로서 전력소비가 적다.
- ② 고속도 동작을 얻기가 쉽다.
- ③ 특수한 기능을 삽입하기가 용이하다.(예를들면 특수한 특성의 거리계전기 등)
- ④ 고빈도 동작에도 견딜 수 있다.
- ⑤ 충격, 진동에 의한 오동작이 적다.
- ⑥ 접점의 장해나 도약현상이 거의 없다.
- ⑦ 자동점검이나 상시감시장치를 부가하기 쉽다.
- ⑧ 소형으로 된다.
- ⑨ 접점이나 가동부를 보수할 필요가 없다.

(단 점)

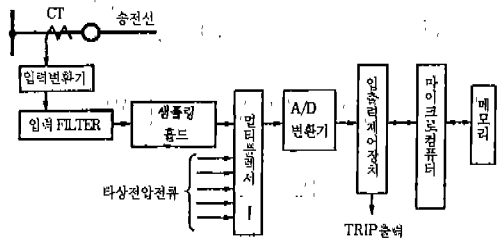
- ① 동작에 속응성이 있기때문에 찌그러진 파형이나 서어지로 오동작 하거나, 사고시 전압, 전류의 찌그러진 파형에 대해서 동작이 불안정 하게될 우려가 있으므로 필터 등의 대책이 필요하다.
- ② 서지에 의해서 파손될 우려가 많다.
- ③ 사용부품수·접속부 수가 많기 때문에 불량으로

될 확률이 높다.

④ 별도의 전원을 필요로 한다.

3-2. 디지털(DIGITAL)형

디지털형 계전기는 입력전압·전류를 데이터로 하여, 디지털컴퓨터로 계산하는 방식으로 사고를 검출하는 것이다. <그림 25>는 디지털형 계전기의 구성을 나타낸다. 입력변환기에 의해서 계전기에 적절한 전압으로 하고, 또 필터에서 고조파를 제거시키고 정현파전압으로 만든다. 이 전압을 적당한 주기(예를들면 매초 600회라고 한다든지)로 샘플링하여 그 순시치를 적어도 A/D변환 시킬 때까지 유지시켜야 한다. 멀티플렉서(Multiplexer)는 샘플링홀드시킨 여러개의 순시치를 순차적으로 절환시키는 회로로서, 이것에 의해서 각각의 주기를 갖는 여러개의 순시치가 순서적으로 A/D변환기로 입력시킨다. A/D변환기에서는 입력의 전압치(아나로그량)를 2진부호의 디지털량으로 변화시켜 마이크로컴퓨터로 보내면, 컴퓨터에서는 미리 메모리에 입력된 프로그램에 의해서 입력데이터를 연산하여 사고를 검출한다.



<그림25> 디지털형 계전기의 구성

과전류계전기와 같이 단순한 경우는 순시치만으로도 동작의 판별이 가능하지만 방향계전기나 거리계전기 등의 경우는 1사이클 사이의 벡터 절대치에 상당한 값이 필요하게 된다.

디지털형 계전기의 장점을 들면 다음과 같다.

- ① 소비전력이 극히 적다. 아나로그형 계전기는 계전기를 동작시킬 에너지가 필요하지만, 디지털형은 정보(Data)만 받아들이는 것으로 충분하다.
- ② 특수한 기능의 것을 얻을 수 있다.

③ 아나로그형에서는 부품의 열화에 의해서 특성이 변화하지만, 디지털형에서는 본질적으로 이와같은 특성변화가 없다.

④ 융통성이 풍부하다. 계전기나 계전방식을 변경하는 경우, 프로그램을 교체 또는 수정만으로 가능하다.

⑤ 자동점검이 용이하다. 컴퓨터 메모리에 자동점검의 프로그램에 의해서 보호장치 전체의 자동점검을 행할 수가 있다. 트랜지스터형의 경우는 자동점검을 실행하려면 먼저 계전기를 정지시키고 회로에서 분리시킬 필요가 있으나, 디지털형에서는 극히 짧은 시간내에 자동점검을 할 수 있으므로 그럴 필요가 없다.

디지털형의 결점은 노이즈(Noise)에 약한점이다. 변전소 내에서는 전력계통의 계폐서지, 제어회로에서의 서지 등의 원인으로 유도에 의해서 약전회로에 노이즈가 침입할 기회가 많다. 이때문에 회로를 노이즈발생원으로부터 격리하고 차폐하는 등의 대책이 필요하다. 전송회로가 긴 경우는 전기회로 대신에 본질적으로 유도의 우려가 없는 광통신용 광파이버(Fiber)를 사용하는 것이 효과가 있다.

4. 정지형 보호계전기의 정정및 운영

4-1. 보호계전기의 정정

가. 개요

계전기 정정이라 함은 계전기의 동작치와 동작시간을 결정하는 것으로서 정상적인 동작을 하기 위해서는 매우 중요한 것이다. 보호계전기에 관련된 여러가지 오동작 및 부동작의 원인을 살펴볼 때 정정불량의 경우도 많은 비중을 차지하고 있다.

일반적으로 계전방식의 계획, 시험 등의 업무가 중요함은 말할나위도 없었으나 정정업무도 이에 못지않게 중요한 것이며, 더욱이 훌륭한 계획과 함께 고급의 계전방식을 적용하였다 하여도 정정이 잘못되면 사고발생시 부적당한 동작으로 지금까지의 계획, 공사 및 보수업무가 보람없이 되고만다. 그러나 정

정업무는 별로 외부에 나타나지 않는 업무로서 자칫하면 방치되는 경향이 많아 좀더 깊은 관심을 가져야만 한다.

나. 정정시의 고려사항

계전기를 정정할 때에 고려하여야 할 것은 보호계전기 설치목적에서 알 수 있듯이 사고구간을 확실하게 검출하고 보다빨리 건전구간과 분리하도록 하는 것이다. 그러나 이와같이 간단히 말할수 있는 사항도 실제 계통에 적용하여 계전기를 정정할 경우에는 여러가지 고려하여야할 사항과 문제점, 제약 등에 있어 매우 복잡하다. 정정업무의 구체적인 업무는 동작치와 동작시간을 결정하는 것이며 이들을 정하는데 기본적으로 고려해야할 사항을 설명하여 보면 다음과 같다.

1) 사용목적의 명확화

지극히 당연한 것이지만 정정하는 계전기가 어떠한 목적에 사용될 것인가를 확실하게 할 필요가 있다. 예를들어 과전류계전기에 관하여 생각해보면

- 전력설비의 과부하방지를 목적으로 하는 것
- 단락사고를 검출·제거하는 목적으로 하는 것
- 과부하와 단락사고를 모두 검출하고자 하는 것.

등의 몇가지 목적이 있으며 그 목적에 따라 정정치가 변하게 되며, 경우에 따라서는 주어진 계전기로서 소정의 목적을 달성할수 없는 때도 있다. 그러므로 정정하기 전에 사용목적을 명확히 알아두는 것이 중요하다.

2) 계전기의 보호범위

다음으로 그 계전기의 보호범위를 명확히 하여야 한다. 즉 보호구간만의 사고를 검출하는 것인지 또는 그 구간은 물론 이웃구간의 사고까지도 검출해야 하는 것인지 등에 관해서 결정하여야 한다. 이는 보호구간에 따라서 정정치를 변경해야 하기 때문이며 전원단자에 설치한 과전류계전기가 전원으로부터 제1구간만을 검출·보호케 한다면 사고시에 흐르는 전류가 크므로 동작 Tap치가 높게 조정되어야 하고, 계통의 말단사고까지 검출·보호해야 한다면 고장전류가 작아지게 되어 이에 충분히 동작할 수 있는 낮

은Tap을 선정하여야 한다. 그러나 이때에 Tap의 크기가 너무 작으면 상시 전류에도 동작할 우려가 있게 되므로 주의를 요하게 되며 이와같이 정정에 앞서 보호범위를 명확히 결정함이 중요한 것이라 하겠다.

3) 어느 정도 이상을 사고로서 차단 시킬 것인가?

이것은 정정에 있어서 가장 기본이 되는 사항이라 하겠으나 반드시 모든 경우에 그러하다고 말할 수는 없다. 예를 들면 접지사고 검출용으로 사용되는 영상전압에 의한 과전압 접지계전기에 관하여 생각하면, 이 계전방식은 적용하는 3상회로의 각상 절연저항의 불평형을 검출하는 것이므로 3상의 절연저항이 동시에 저하하게 되면 아무래도 영상전압은 발생되지 않기 때문에 사고검출이 곤란하다. 또 2상이 매우 높은 절연저항을 갖고 있을때 1상의 저항이 조금만이라도 저하되면 영상전압이 발생하여 불필요한 동작을 할 우려도 있다.

이와같은 것은 계전방식의 원리에 결함이 있는 것이라 하겠지만 어느 정도의 영상전압이 발생되면 접지사고로 볼 것인가는 관계자에게 항상 의문시 되는 것이며 명확한 근거를 얻기란 매우 어려우나 통상 경험적인 판단에 의존하고 있다. 그러므로 정정을 하는 경우에는 정상상태와 비교해서 어느 정도의 차이가 발생하면 사고로 판정할 것인가에 대하여 분명히 하여야만 한다.

따라서 평소 운전시에 이와같은 정도의 이상이 있는가 없는가를 잘 검토해서 결정해야함은 물론이나 여기서도 사고상태와 정상상태를 구별하기 힘든 경우가 많이 있으며, 예를들어 전기로 등은 가동중에 아크로 단락되어 있기 때문에 단락사고와 같은 전류가 흘러 전류치만으로는 사고인지 정상인지 알수없게 된다. 그러나 여러 측면에서 볼때 단락사고와 같은 현상은 어딘가에 다른점이 있게되며 이런 상이점을 찾아서 정상운전시 오동작이 되지않도록 별도의 고려를 하지않으면 안된다.

4) 최단시간에 동작시킬 것

보호계전기가 사고를 검출하면 사고점의 손상을 최대한으로 줄이고 또 건전계통에 주는 영향을 감소

시키기 위해 가능한한 신속히 회로를 차단하여 분리시켜야만 한다.

따라서 계전기의 동작시간을 가장 빠르게 정정하는 것이 바람직한 방법이 되겠으나 반드시 그렇지는 않다. 예를들면 회선선택계전기 또는 차동계전기와 같이 자기보호구간 이외의 사고에는 동작하지않는 형식의 것에는 동작시간을 항상 최단시간으로 조정해도 좋겠으나 과전류계전기와 같이 사고지점이 자기 보호구간 밖인데도 동작할 수 있는 것들은 인접한 다른 계전기간에 동작시간을 협조시켜 조정해야 하므로 꼭 최단시간으로 정정할 수는 없게 된다.

특히 여기서 주의해야할 것은 단락사고시 계통안정도에 관한 것으로서 사고점이 명확히 선택차단되었다 하더라도 고장제거 시간이 길어서 건전계통에 요란이 발생되게 되면 보호계전기로서의 역할이 완전하지 못하게 되므로 이와같은 점이 예상되는 곳에는 계전방식을 변경해서라도 고속도차단을 할 수 있도록 하여야 한다.

5) 계통과 관련된 협조문제

전력계통은 전원측에서부터 수용가에 이르기까지 발전기, 송전선, 변압기 등을 주체로한 많은 전력설비로 구성되며 이 설비들은 여러가지 보호계전기에 의하여 보호되고 있다. 여기서 계통의 어딘가에 사고가 발생하면 그 사고구간 또는 고장설비만을 계통으로부터 신속히 분리하여 연결되었던 계통에 파급되지 않도록 계통에 관련된 일련의 협조동작이 유지되도록 조정되어야 한다.

물론 앞에서 설명한 각항의 내용에서도 이점을 고려하고 있지만 특히 강조되어야 할 것은 전력계통은 항상 상태가 변동되고 있으므로, 예를들면 2회선 송전선에 1회선이 작업으로 정지되어 있든가 전원측 발전기의 대수가 증가되어 단락용량이 변동되거나 하면 이러한 상태에서는 한가지 경우만으로 고려하기 어렵고 복잡한 사항들이다.

따라서 정정을 하는 관계자는 가능한한 이러한 사항들을 모두 고려하여 조정하여야 하겠다. 그러나 때에 따라서는 어떤 변동사항으로 말미암아 계전기

의 정정치도 변경해야만 하는 경우가 있으며 이러한 것은 사전에 관련부서와 잘 협의하여 정확한 변동사항을 제고받아 즉시 변경·조정할수 있어야하며 또한 이러한 체제를 구성할 필요가 있다. 이를 요약하면 계전기는 전력계통의 보호가 목적인바 전항에 설명한 계통안정도 유지는 물론 전력계통의 특성을 충분히 고려해서 단순한 사고제거로 그치지 말고 계통의 안정을 저해하지 않도록 고려해야 함은 계전기를 다루는 관계자들이 갖추어야할 기본적인 사항이며 또한 매우 중요한 사항이다.

다. 정정과 보호협조의 실제

전력설비 사고에 대한 이상적인 보호를 위하여는 각각의 용도에 적합한 보호계전기를 선택하여 서로 보호협조가 이루어지도록 동작치와 동작시간을 결정

해 주므로써 사고시는 최소구간만을 최단시간내에 계통으로부터 분리시켜야 한다.

여기서는 목동지역난방용 열병합발전소의 전력계통에 사용된 주요한 정지형 보호계전기 몇가지를 선정하여 실제로 정정하는 방법에 대해서 언급하기로 한다.

1) 고압 유도전동기의 보호계전기 <그림26 참조>

가) 전동기 사양

정격전압 : 6.6kV

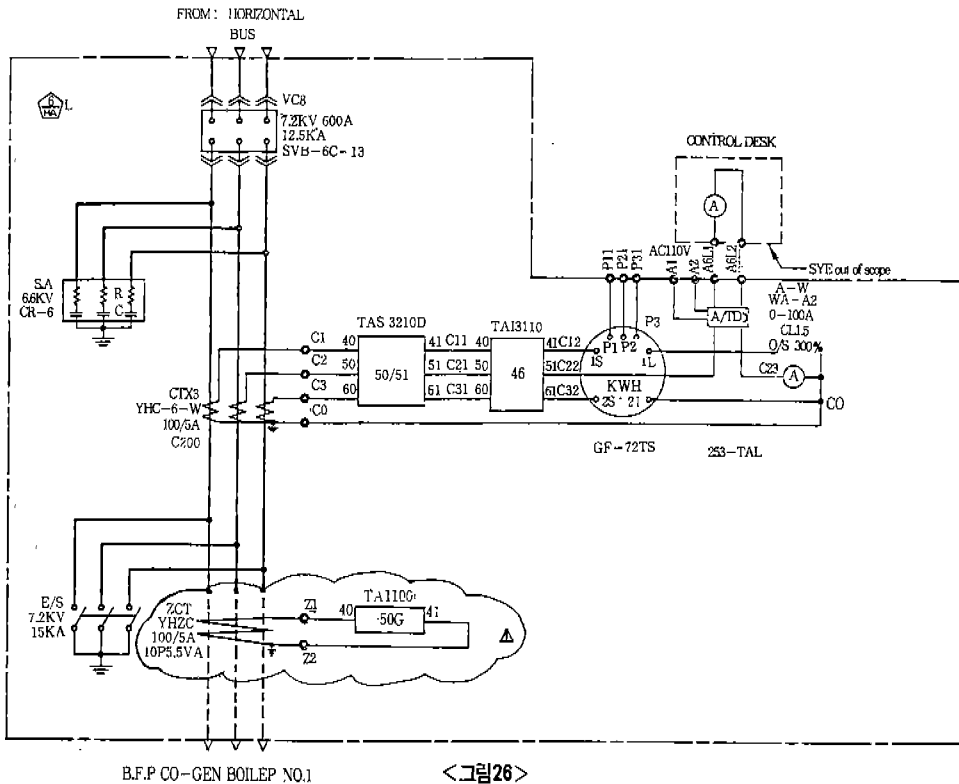
정격용량 : 430kW

정격전류 : 45.9A

기동전류 : 310A

정지허용시간 : 12sec

CT비율 : 5/100



<그림26>

나) 단락 및 과부하보호계전기 (50/51) 사양

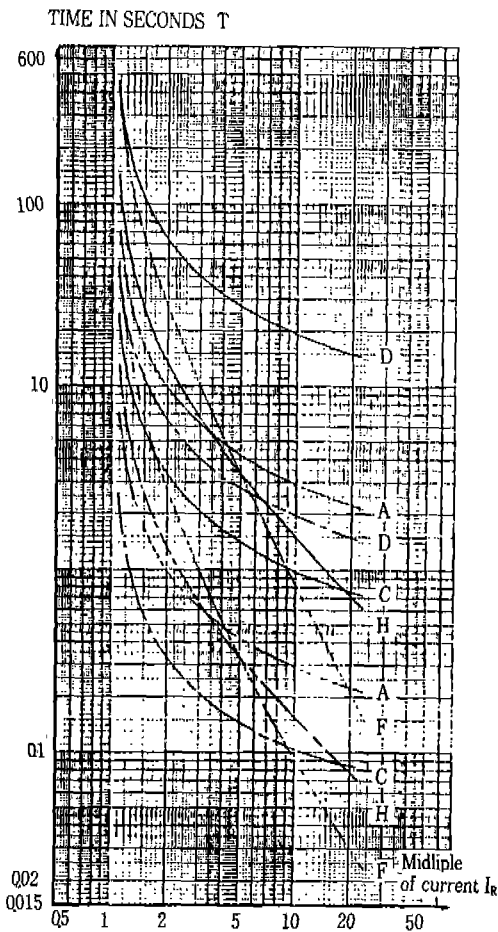
① 형식 : TAS3210D(알스톱)

② 정정범위

(i) 한시요소 전류값 : 3~12.5A (0.5A 스텝)

(ii) 동작시간탭(t_x) : 0.1~1.0(0.1스텝)

* 동작시간 계산법<그림27: 한시특성곡선 참조>



<그림27>

$$T(\text{sec}) = \frac{t_x \cdot k}{\left(\frac{I}{I_R}\right)^{0.02} - 1} + 10\text{ms}$$

I_R : 정격전류(한시요소 전류탭치)

I : 과전류

t_x : 셋팅치(0.1~1.0)

K : (A) Curve = 0.14 (Normal Time)

(C) Curve = 0.047 (Shourt Time)

(D) Curve = 0.943 (Long Time)

(iii) 순시요소 전류값 : 3~20 I_R

③ 정정계산

(i) 한시전류탭

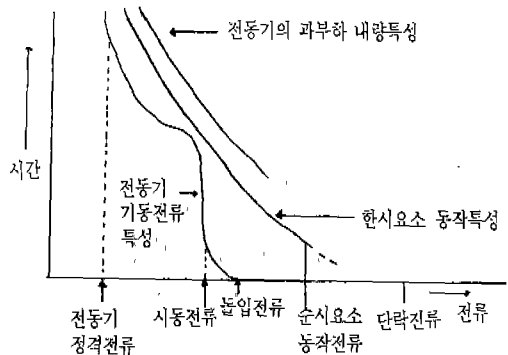
전동기 정격전류의 115%에 정정하면

$$I_{\text{pick up}} = 45.9 \times 1.15 \times \frac{5}{100} = 2.63\text{A}$$

∴ 전류탭 = **3.0**

(ii) 한시동작 시간탭

<그림 28>과 같은 전동기 기동특성과 협조시키려 면 전동기 사양에서 기동전류가 310A이고 정지허용 시간(Safe stall time)은 12초 이므로



<그림 28>

$$T_{\text{pick up}} < 12\text{sec at } 5.17I_R (310 \times \frac{5}{100} \div 3.0 = 5.17)$$

t_x 를 1.0으로 해서 시간을 구하면

$$T = \frac{0.943 \times 1.0}{5.17^{0.02} - 1} + 0.01 = 28.24 \text{ sec}$$

$T_{\text{pick up}}$ 을 정지허용시간의 80%이내로 정정하면

$$t_x < (12 \times 0.8) \div 28.24 = 0.34$$

∴ 시간탭(t_x) = **0.3**

(iii) 순시전류탭

전동기의 돌입전류는 기동전류의 1.5배정도이므로 순시요소 정정을 기동전류의 2배로 하여 계산한다.

$$I_{pick\ up} = 310 \times 2.0 \times \frac{5}{100} = 31(A)$$

순시요소의 정정치 I_s 는

$$I_s = 31 \div 3.0 = 10.33$$

∴ 전류탭 = **10**

다) 지락보호용 계전기(50G) 사양

- ① 형식 : TA 1100 (알스톱)
- ② 정정범위
 - (i) 접지요소 전류탭 : 0.36~2.64(0.12A 스텝)
- ③ 정정계산
 - (i) 접지전류탭

소내 고압계통(6.6kv)에 저항접지 방식을 사용하므로 지락전류는 250A(30초 정격) 이내로 제한시키고 있으며, 특고변압기측과 보호협조가 이루어지도록 최대지락전류의 10%에 정정시키고 있다.

$$I_{pick\ up} = 250 \times 0.1 \times \frac{5}{100} = 1.5A$$

∴ 전류탭 = **1.32**

라) 역상과전류(46) 사양

- ① 형식 : TAI 3110 (알스톱)
- ② 정정범위
 - (i) 전류불평형탭 : 5~18.75% (1.25% 스텝)
 - (ii) 동작시간탭 (t_x) : 0.8~8.8s(0.8s 스텝)
- ③ 정정계산

전동기가 불평형부하 또는 단상부하로 운전하면 고정자코일에 역상전류가 흘러서 이 역상전류에 의한 회전자계는 회전자 회전방향과 반대이므로 2배주파수의 소용돌이전류 (Eddy current)가 회전자표면을 가열하여 온도가 상승하게 되고, 슬립(Slip)의 증가를 가져온다.

그러므로 결상, 역상 및 삼상불평형에서 전동기를 보호하기 위해서는, 전동기의 형식·용량에 따라 다르지만 일반적으로 불평형율을 8~15%, 동작시간(정한시)은 10초이내로 정정하게된다.

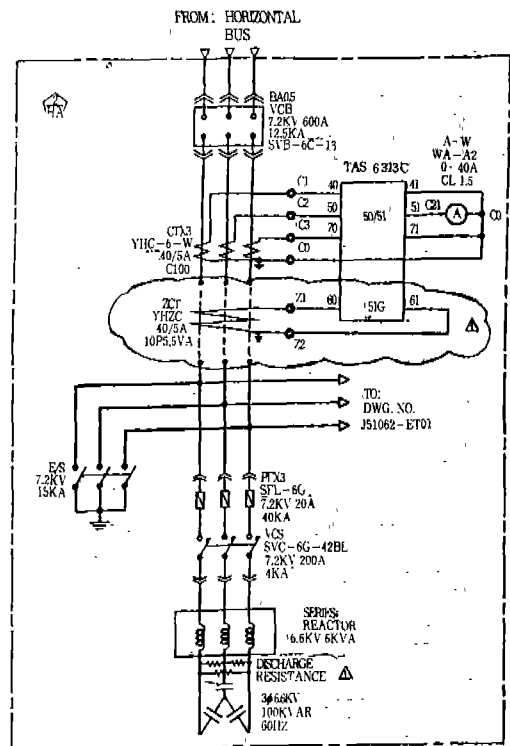
(i) 불평형탭 = **15**

(ii) 동작시간탭 = **8.0**

2) 전력용 콘덴서의 보호계전기 <그림29참조>

콘덴서 투입시의 돌입전류 및 콘덴서 특유의 고주파전류에 대해서 오동작하지 않도록 정정하여야 한다.

가) 콘덴서 사양



<그림29>

- 정격전압 : 6.6kV
- 정격용량 : 100KJVA
- 정격전류 : 26.2A
- 돌입전류 : 210A
- CT비율 : 5/40

나) 보호계전기(50/51/51G)사양

- ① 형식 : TAS6313C (알스툼)
- ② 정정범위
 - (i) 한시요소 전류탭 : 3~12.5A (0.5A 스텝)
 - (ii) 동작시간탭 (t_k) : 0.1~1.0(0.1스텝)
 - (iii) 순시요소 전류탭 : 3~20I_R
 - (iv) 접지요소 전류탭 : 0.36~1.5A (0.06A 스텝)
- ③ 정정계산
 - (i) 한시전류탭

콘덴서 과부하내량과 CT오차(10%)를 감안하여 120%에 정정하면

$$I_{pick\ up} = 1.2 \times 26.2 \times \frac{5}{40} = 3.93A$$

∴ 전류탭 = 4.0

(ii) 한시동작시간탭

콘덴서의 과도한 온도상승으로부터 보호하기 위해서는 정격전류의 2배전류가 흐를때 2초이내에 계전기가 동작되도록 정정한다.

$$T_{pick\ up} < 2\ sec\ at\ 2I_R$$

t_k 를 1.0으로해서 시간을 구하면 (TAS-3210D 계산법참조)

$$T = \frac{0.047 \times 1.0}{2^{0.02-1}} + 0.01 = 3.37sec$$

$$t_k < 2 \div 3.37 = 0.59$$

∴ 시간탭 (t_k) = 0.6

(iii) 순시전류탭

콘덴서의 순시요소 정정을 돌입전류의 2배로하여 계산하면

$$I_{pick\ up} = 2.0 \times 210 \times \frac{5}{40} = 52.5A$$

순시요소의 정정치 (I_s)는

$$I_s = 52.5 \div 4.0 = 13.12$$

∴ 전류탭 = 12.5

(iv) 접지전류탭

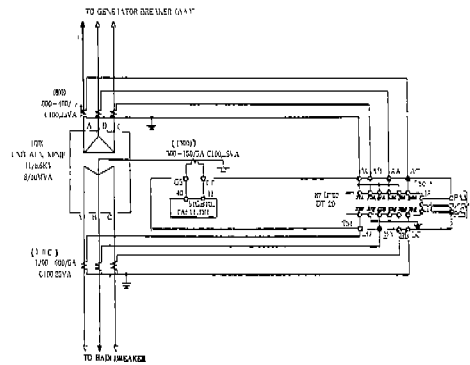
콘덴서 내부소자 일부가 절연과피 또는 단락되었을때 사고확대를 방지하기 위해서 3상 불평형전류를 ZCT에서 검출하여 접지계전기를 동작시키는 것으로

최대지락전류(250A)의 5%에 정정시키고 있다.

$$I_{pick\ up} = 250 \times 0.05 \times \frac{5}{40} = 1.56A$$

∴ 전류탭 = 1.5

3) 전력용변압기의 보호계전기 <그림30참조>



<그림30>

가) 변압기 사양

정격전압 : 11KV-6.6KV

정격용량 : 8/10MVA(OA/FA)

1차전류 : 524A, 1차측CT : 5/800, PHASE : Dyll

2차전류 : 874A, 2차측CT : 5/1200, 접지측CT : 5/300

나) 비올차동보호계전기(87) 사양

① 형식 : DT20 (알스툼)

② 정정범위

(i) 위상(ϕ_1)보상탭 : 0 또는 180 °

(ii) 위상(ϕ_2)보상탭 : 0 또는 120 °

(iii) 전류보상탭 : 1 또는 $1/\sqrt{3}$

(iv) 전류정정탭 (I_R/I_X) : 0.6~1.29 (0.03 스텝)

(v) 최소동작전류탭 : 0.2-0.4-0.6-0.8-I_R

(vi) 동작비율탭 : 25-37.5-50%

③ 특징

(i) 변압기 여자시 돌입전류에 의한 오동작을 방지하기 위한 제2고조파(15% 이상)억제요소 내장

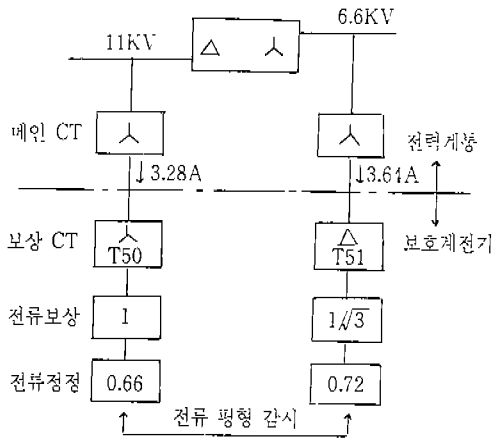
(ii) 순시요소 : 변압기 내부에서 중대사고(Heavy fault)가 발생했을때, 탭전류의 800% 이상에서 동작 (25ms이내)

④ 정정계산

(i) 전류평형 (Amplitude balancing) 정정

구 분	11KV측	6.6 KV측
정격 전류	524A	874 A
CT 비 율	800/5	1200/5
CT 2차전류	$524 \times \frac{5}{800} = 3.28A$	$874 \times \frac{5}{1200} = 3.64A$
보상CT결선	T50 (λ)	T51 (Δ)
전류보상탭	1	$\frac{1}{\sqrt{3}}$
전류 정정	$3.28/5 = 0.655$	$3.64/5 = 0.728$
탭 (I _R / I _v)	∴ 전류탭 = 0.66	∴ 전류탭 = 0.72

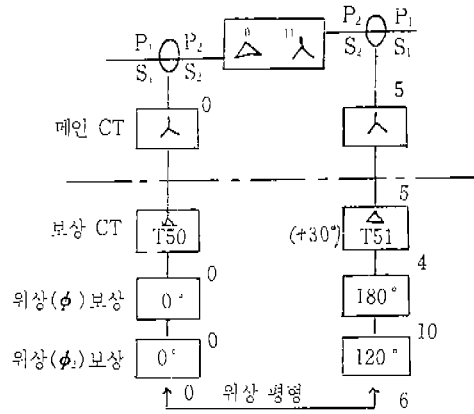
상기 정정수치를 알기 쉽게 그림으로 표시하면



(ii) 위상평형 (Phase balancing) 정정

구 분	11 KV 측	6.6KV측
변압기결선 (Dy11)	Δ	λ
메인 CT 결선	λ	λ
보상 CT 결선	T50 (λ)	T51 (Δ)
위상 (φ ₁) 보상 탭	0°	180°
위상 (φ ₂) 보상 탭	0°	120°

상기 정정수치를 알기 쉽게 그림으로 표시하면



(iii) 최소동작전류 정정

변압기에 전원투입시 여자전류에 의한 비대칭과 CT오차 등을 감안하여 정정한다.

∴ 최소전류탭 = 0.4

(iv) 동작비율 정정

전류정정탭 선정시 부정합 비율을 계산하여 보면

$$\epsilon = \frac{I_p/I_p - T_v/T_p}{T_v/T_p} \times 100 = \frac{3.64/3.28 - 0.72/0.66}{0.72/0.66} \times 100 = 1.72\%$$

- CT오차 : 10%
- 계전기 오차 : 5%
- 탭선정시 부정합 : 1.7%
- VVVF 계통의 영향 : 10%
- 여유 오차 : 5%

∴ 동작 비율탭 = 37.5%

다) 지락보호용 계전기(51G) 사양

① 형식 : TAS 1110H(알스톰)

② 정정범위

(i) 접지요소 전류탭 : 0.36~1.5A (0.06A스텝)

(ii) 동작시간탭(tx) : 0.1~1.0 (0.1스텝)

*동작시간 계산법 <그림27참조>

$$T = \frac{tx \times 13.5}{(I/I_R) - 1} + 10ms \text{ (Time curve 'H')}$$

③ 정정계산

(i) 접지전류탭

6.6KV 피이더측과 지락사고에 대한 보호협조가 이루어지도록 최대지락전류의 15%에 정정시킨다.

$$I_{pick\ up} = 250 \times 0.15 \times \frac{5}{300} = 0.625A$$

$$\therefore \text{전류탭} = \boxed{0.6}$$

(ii) 동작시간탭

6.6KV 계통의 완전지락시 피이더 지락계전기의 동작시간을 0.3초이하로 보고 이들 계전기와 시간협조는

- 앞차단기의 동작시간 : 0.1초

- 정정할 계전기의 동작시간 : 0.1초

- 안정시간 : 0.1~0.2초

를 고려해야 되므로 보통 0.4~0.5초 동안 시간여유를 두는 것이 일반적이다. 따라서 0.5초의 시간협조를 갖도록하면, 6.6KV 계통 완전지락시 0.8초 정도로 정정하게 된다.

$$T_{pick\ up} < 0.8\text{초 at } 6.7I_R$$

$$T = \frac{1.0 \times 13.5}{6.7 - 1} + 0.01 = 2.37\text{초}$$

$$\therefore \text{시간탭}(t_x) = \boxed{0.3}$$

4-2 보호계전기의 운영

가. 개요

계전기의 성능을 항상 만족할만한 상태로 유지해두기 위해서는 계전기의 상태를 정기적으로 검사, 시험하여 신뢰도를 높이고 전기설비의 안전한 운전에 만전을 기하여야 할 것이다.

따라서 가능하면 매년 계전기를 시험하여 동작의 양, 부를 확인하는 것이 좋으며, 이때 제작사의 시험 데이터나 정정 시험시의 데이터를 참고자료로 이용할 수 있다. 그리고 계전기가 동작한 후에 행해지는 시험도 있는데 이것은 고장발생시 계전기의 오동작이나 오부동작이라고 생각되는 경우로서 그 원인을 규명하여보면, 보통 계전기에는 이상이 없고 계통의 고장조건이 그 계전방식을 설치하였을때 생각하지 못하였던 원인이 나타나는 경우도 종종있다.

나. 적절한 운영조건

계전기의 사용상태는 특별히 지정하지 않는한 다음의 상태에서 사용하는 것이 적당하다.

- 1) 주위온도는 -10 °C 이상 40 °C 이하이며
- 2) 표고는 1000m 이하에 설치하여야 한다.

3) 비정상적인 진동, 충격 및 경사, 자계를 받지않는 상태가 되어야하며

4) 유해한 연기·가스·염분, 과도한 습기나 먼지, 비·바람·빙설이 있는 장소에서는 사용을 하지않는 것이 원칙이다.

5) 제어전원은 정격의 +10% ~ -15% 이내이며

6) 주파수변동은 정격주파수의 ±5% 이내에 사용하는 것을 표준으로 한다.

다. 시험 방법

정지형 보호계전기의 시험은 전자기형 계전기와 거의 유사하며, 현장에서 시험할 경우의 일반적인 시험준비 사항은

1) 시험시방서 또는 전회의 시험데이터 등을 잘 보고나서 접속도에 따라 시험회로를 충분히 점검하고, 시험항목과 시험방법 등을 구체적으로 연구한 후 그것에 필요한 기재를 준비한다.

2) 시험용 전원은 교류의 경우 정격주파수로 가능한한 정현파에 가까운 전원을 사용할 필요가 있으며 시험데이터에는 반드시 사용기기, 전원, 계측기, 주위조건 등을 기입하고 후일의 시험데이터가 앞의 경우와 상이하더라도 그 원인을 찾을 수 있도록 전회의 시험상태를 그대로 재현할 수 있는 기록이 필요하다.

3) 시험데이터는 그래프용지 등에 프린트하여 재빨리 이상을 찾아내어 원인을 살필 수 있도록 하는 것이 좋다.

4) 시험설비의 회로에 대해 충분히 이해한 후 사용하여야 한다.

즉 측정기의 부담, 시험설비에 사용되는 변압기, 위상기의 원리, 포화특성, 측정기의 측정범위 등 보통 전기특성상의 주의사항 등을 고려하여 사용하여야 한다.

5) 보수, 점검시험시에는 운전중의 것을 회로에서 제거할 때 Miss Trip이나 CT회로의 개방위험이 있으므로 충분한 주의가 필요하다.

** 참고 문헌

1. 보호계전시스템 - 中山敬造
2. 변전소 - 紙田 公
3. 보호계전기 적정운영 - 정재준